

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

JPA 7-211612

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07211612 A**(43) Date of publication of application: **11.08.95**

(51) Int. Cl.

H01L 21/027
G03B 27/53
G03F 7/20
G03F 7/207
G03F 7/24

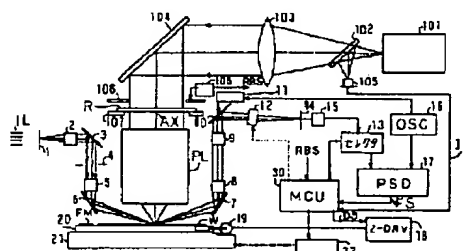
(21) Application number: **06002290**(71) Applicant: **NIKON CORP**(22) Date of filing: **14.01.94**(72) Inventor: **IMAI YUJI**(54) **PROJECTION ALIGNER**

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To align an substrate with the best focus plane of a projection optical system regardless of the positional shift therefrom by detecting the amount of positional shift from a reference plane at positions corresponding to a plurality of measuring points on the surface of a photosensitive substrate using a focal position detector having a plurality of measuring points.

CONSTITUTION: A local position detector detects the amount of positional shift of the surface of a photosensitive substrate W from a reference plane in the direction of optical axis at a plurality of predetermined positions within the projection view of a projection optical system PL and delivers a plurality of detection signals corresponding to the amount of positional shift. A drive means 19 drives a Z stage 20 depending on the amount of positional shift so that the focal plane of the projection optical system PL matches the surface of the photosensitive substrate W. This constitution allows to align the substrate with the focal plane of the projection optical system.



(51)IntCl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 B 27/53				
G 0 3 F 7/20	5 2 1			
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 1 6 A
		7352-4M		5 1 6 E
審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平6-2290

(22)出願日 平成6年(1994)1月14日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 今井 裕二

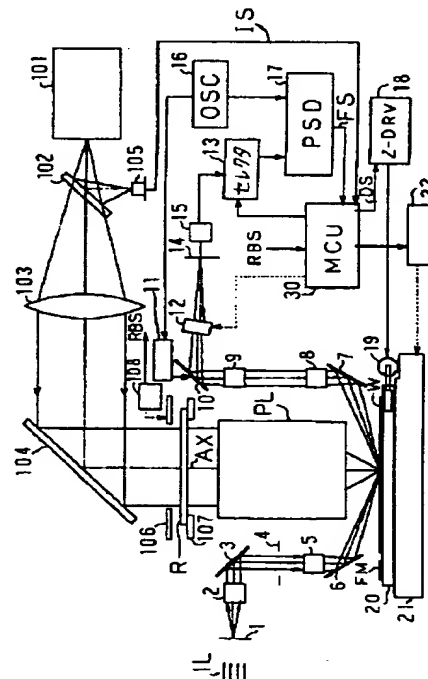
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(54)【発明の名称】 投影露光装置

(57)【要約】

【目的】露光光の照射や大気圧変動などの外的要因による像面湾曲が発生しても、凹凸や傾斜が存在する感光基板に対して投影光学系の結像面を感光基板面の最適な位置に移動させる事が可能な装置を提供する事を目的とする。

【構成】投影光学系への露光光の照射や大気圧変動などの物理量を測定する手段と、物理量の変化をと投影光学系の像面湾曲の変化量との関係の情報を保持した記憶手段と、複数の感光基板面上の光軸方向の位置を検出する受光センサーとを有し、前記像面湾曲の変化量と複数の受光センサーの出力とから、投影光学系の結像面に対して感光基板面を最適な位置に移動させる事を特徴とする投影露光装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクのパターンを所定の結像面内に結像投影する投影光学系と、
前記結像面とほぼ平行に感光基板を保持して、前記感光基板を前記投影光学系の光軸方向に移動させるZステージと、
前記投影光学系の投影視野内の予め定められた複数の位置に計測点を有し、該複数の計測点の夫々で前記感光基板の表面の光軸方向の基準面からの位置ずれ量を検出し、該位置ずれ量に応じた複数の検出信号を出力する焦点位置ずれ検出手段と、
投影光学系の結像面と前記感光基板の表面とが合致するように前記位置ずれ量に応じて前記Zステージを駆動する駆動手段とを備えた投影露光装置において、
前記投影光学系の結像面の湾曲を経時的に変化させる物理量を測定し、該物理量に応じた測定信号を出力する測定手段と；前記物理量の変化と前記投影光学系の像面湾曲の変化量との関係を表す情報を予め記憶し、前記測定信号に対応した特定の像面湾曲変化量を出力する記憶手段と；前記像面湾曲変化量に基づいて、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点の夫々で生ずる光軸方向の検出偏差分に対応した複数の補正值を出力する補正演算手段と；前記焦点位置ずれ検出手段からの複数の検出信号と前記算出された複数の補正值に基づいて、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点に対応した焦点位置補正值を出力する焦点演算手段と；前記焦点位置補正值に基づいて、前記投影光学系の湾曲した結像面に対して決まる最良面に前記感光基板の面が合致するように前記駆動手段を制御する制御手段と、；を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 マスクのパターンを所定の結像面内に結像投影する投影光学系と、
前記結像面とほぼ平行に感光基板を保持して、前記感光基板を前記投影光学系の光軸方向に移動させるZステージと、
前記投影光学系の投影視野内の予め定められた複数の位置に計測点を有し、該複数の計測点の夫々で前記感光基板の表面の光軸方向の基準面からの位置ずれ量を検出し、該位置ずれ量に応じた複数の検出信号を出力する焦点位置ずれ検出手段と、
投影光学系の結像面と前記感光基板の表面とが合致するように前記位置ずれ量に応じて前記Zステージを駆動する駆動手段と、を備えた投影露光装置において、
前記投影光学系の結像面の湾曲を経時的に変化させる物理量を測定し、該物理量に応じた測定信号を出力する測定手段と；前記物理量の変化と前記投影光学系の像面湾曲の変化量との関係を表す情報を予め記憶し、前記測定信号に対応した特定の像面湾曲変化量を出力する記憶手段と；前記像面湾曲変化量に基づいて、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点の夫々で生ずる光軸方向の検

出偏差分に対応した複数の補正值を出力する補正演算手段と；前記焦点位置ずれ検出手段の複数の検出信号と前記算出された複数の補正值とに基づいて、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点に対応した焦点位置補正值を出力する焦点演算手段と；前記感光基板の表面状態に応じて前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点に対応した予め設定された複数の係数で、前記焦点位置補正值に重み付けを行い、重み係数補正值を出力する重み係数演算手段と；前記重み係数補正值に基づいて、前記投影光学系の湾曲した結像面に対して決まる最良面に前記感光基板の面が合致するように前記駆動手段を制御する制御手段と、；を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項3】 前記投影露光装置は、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点における前記投影光学系の結像面位置を計測して前記基準面からの光軸方向のずれ量に応じた信号を出力する結像位置計測手段を有し；予め定められた時間毎又は、前記測定手段による測定が行われる毎に前記結像位置ずれ量を計測して、該結像位置ずれ量に応じて前記記憶手段の情報を変更（更新）する事を特徴とする請求項第1項又は第2項に記載の投影露光装置。

【請求項4】 前記投影露光装置は、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点における前記投影光学系の結像面位置を計測して前記基準面からの光軸方向のずれ量に応じた信号を出力する結像位置計測手段と；予め定められた時間毎又は、測定手段による測定が行われる毎に計測された前記結像位置ずれ量と前記焦点位置補正值との誤差補正值を記憶する誤差記憶手段とを有し；前記焦点演算手段は、前記結像面計測後、前記誤差補正值と、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の検出信号と、前記算出された複数の補正值とに基づいて、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点に対応した焦点位置補正值を出力する事を特徴とする請求項第1項又は第2項に記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体露光装置のうちの焦点位置を検出する複数の受光センサーを備えた焦点位置ずれ検出装置を持つ投影露光装置に関するものである。

【従来の技術】近年、LSIのパターンの微細化が進み、半導体製造装置における投影光学系の解像力の向上が必須となってきた。また、この解像力の向上に伴い焦点深度が浅くなり、より正確に感光基板へ投影光学系の結像面を合せる必要が出てきた。

【0002】この為には、投影光学系の結像面に対する感光基板表面のずれ量を求め、このずれ量が零になるように感光基板表面を投影光学系の光軸方向に移動させる。ところが投影光学系の結像面が像面湾曲の影響により曲面である場合、感光基板を曲面上の結像面のどこに

移動させるかという問題とともに、像面湾曲の量が投影光学系に対する外的要因の変化、例えば、露光光による照射又は、大気圧変動によって刻々と変化する。このため、感光基板を像面湾曲の生じた結像面に対して最適な位置に移動させなければならないという要求がなされていた。

【0003】そこで、このような像面湾曲の問題を解決する投影露光装置が、特開昭63-255917公報に開示されている。この開示された内容は、1つの受光センサーにより感光基板表面の光軸方向の位置、即ち高さ10を検出するとともに投影光学系への照射量、大気圧変動などの物理量を直接的に検出し、像面湾曲量を求め、この両方から基板を最適な位置に移動させるものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、感光基板の表面の一部の領域を検出して、その局部領域の光軸方向位置に基づき、感光基板を最適な位置に移動させる。このため、感光基板表面に凹凸や傾斜が存在する場合、その局部領域と同じ高さの表面は最適な位置に移動できるが、それ以外の感光基板上の面を考慮して移動す20る事はできなかった。

【0005】本発明は、例え凹凸や傾斜が存在する様な感光基板表面に対しても、投影光学系の像面湾曲を考慮した最適な結像位置に感光基板を位置合せする事が可能な装置を提供する事を目的とする。

【0006】

【課題を解決するため手段】本発明による投影露光装置は、図1に示す様にマスク(R)のパターンを所定の結像面内に結像投影する投影光学系(PL)と、結像面とほぼ平行に感光基板(W)を保持して、感光基板(W)30を投影光学系の光軸方向に移動させるZステージ(20)と、投影光学系(PL)の投影視野内の予め定められた複数の位置に計測点を有し、該複数の計測点の夫々で感光基板(W)の表面の光軸方向の基準面からの位置ずれ量を検出し、この位置ずれ量に応じた複数の検出信号を出力する焦点位置ずれ検出手段と、投影光学系(PL)の結像面と感光基板(W)の表面とが合致するように位置ずれ量に応じてZステージ(20)を駆動する駆動手段(19)を備える。

【0007】さらに、投影光学系(PL)の結像面の湾40曲を経時的に変化させる物理量を測定し、該物理量に応じた測定信号を出力する測定手段と、物理量の変化と投影光学系(PL)の像面湾曲の変化量との関係を表す情報を予め記憶し、測定信号に対応した特定の像面湾曲変化量を出力する記憶手段(30D)を備える。そして像面湾曲変化量に基づいて、焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点の夫々で生ずる光軸方向の検出偏差分に対応した複数の補正值を出力する補正演算手段(30C)と、焦点位置ずれ検出手段からの複数の検出信号と算出された複数の補正值に基づいて、焦点位置ずれ検出手段の複50

数の計測点に対応した焦点位置補正值を出力する焦点演算手段(30B)を有する。この焦点位置補正值に基づいて、投影光学系(PL)の湾曲した結像面に対して決まる最良面に感光基板(W)の面が合致するように駆動手段を制御するZステージ制御手段(18)とを有して、像面湾曲の変化量分を補正するものである。

【0008】

【作用】本発明に於いては、複数の検出点を持つ焦点位置検出装置のそれぞれの演算結果について基板面上の複数の検出点に対応した位置での投影光学系の像面湾曲変化量を加算する。このため、露光光照射等に伴う投影光学系の結像面の像面湾曲変化に関係なく露光基板を投影光学系の最良結像面へ位置することを可能とした。

【0009】

【実施例】図1は本発明の実施例による投影露光装置の全体構成を示すシステム概略図である。露光用の紫外線を放射する光源部101、例えば水銀ランプ、フライアイレンズ等で構成される系からの光は集光レンズ103によって集光され、ミラー104によって反射され、露光領域を設定するレチクルブラインド106を通してマスクR(以下レチクル)に一樣の照度分布で投影される。レチクルブラインド駆動装置108は、レチクルブラインド106の複数の可動遮へい板を駆動し、さらに各可動遮へい板の駆動情報を主制御ユニット(以下MCU)30に出力する。このレチクルRの下面には実デバイス製造用の回路パターンが形成され、レチクルホルダー107に載置されている。レチクルRを透過した光は投影光学系PLを介して、ウェハWに照射され回路パターンの投影露光が行われる。そして、光源部101と集光レンズ103の間には、光源部101から照射された光の一部を光電センサー105に反射するために透過率の高いハーフミラー102が設けられ、光電センサー105はハーフミラー102から反射された光を入力して、投影光学系PLに入射する光量を測定する。

【0010】レチクルRを透過した光は投影光学系PLを介して、ウェハWに照射される。ウェハWは、不図示のウェハチャックに真空吸着されておりウェハチャックはZステージ20上に保持されている。Zステージ20はZ駆動用モータ19をドライブする回路(以下Z-DRV)18によって光軸AX方向に移動が可能となっている。さらにZステージ20を載置して光軸AXに対して垂直な2次元のXY方向に移動可能なXYステージ21が設けられ、このXYステージ21はXYステージ駆動部(モータとその制御回路を含む)22によって駆動される。このシステムのオートフォーカス(AF)系には多点AF系を採用している。多点AF系とは投影光学系PLの投影視野内の複数箇所に、ウェハWの光軸方向の位置ずれ量(以下フォーカスずれ量)を計測する測定点を設けたものである。図1において、ウェハW上にレジストに対して非感光性の照明光ILは単一の長い

開口スリットを有するスリット板1を照明する。そしてスリット板1を通過した光は、レンズ系2、ミラー3、絞リ4、投光用対物レンズ5、及びミラー6を介してウェハW表面を斜めに照射する。ここで図2は、投影光学系PLの投影視野Ifと多点AF系のスリット板1を通過した投光スリット像STとの位置関係をウェハ上で見た図である。投影視野Ifは一般に円形であり、レチクルRのパターン領域PAはその円内に包含される矩形をしている。スリット像STはXYステージ21の移動座標軸X、Yのそれぞれに対して45°程度だけ傾けてウェハW上に形成される。従って投光用対物レンズ5と受光用対物レンズ8の両光軸AFxはウェハ面ではスリット像STと直交した方向に延び、ウェハ表面との角度は5〜12度位に設定され、スリット板1のスリット像STの中心は、投影光学系PLの光軸AXがウェハWと交差する点に位置する。

【0011】さてウェハWで反射したスリット光束は、ミラー7、受光用対物レンズ8、レンズ系9、振動ミラー10、及び平行平面板（以下プレーンパラレル）12を介して受光用スリット板14に再結像される。振動ミラー10は受光用スリット板14にできるスリット像を、その長手方向と直交する方向に微小振動させるものであり、プレーンパラレル12はスリット板14上のスリットとウェハWからの反射スリット像の振動中心との相対関係を、スリット長手方向と直交する方向にシフトさせるものである。そして振動ミラー10は発振器（以下OSC.）16からの駆動信号でドライブされるミラー駆動部11によって振動される。こうして、スリット像が受光用スリット板14上で振動すると、スリット板14のスリットを透過した光束は、アレイセンサー15で受光される。このアレイセンサー15はスリット板14のスリットの長手方向を複数の微小領域に分割し、各微小領域毎に個別の光電セルを配列したものである。そしてアレイセンサー15の各光電セルからの信号はセレクト回路13を介してセレクト又はグループ化されて、同期検波回路（以下PSD）17に入力する。このPSD17にはOSC. 16からの駆動信号と同じ位相の交流信号が入力し、この交流信号の位相を基準として同期整流が行われる。

【0012】このときPSD17は、アレイセンサー15の中から選ばれた複数の光電セルの各出力信号を個別に同期検波するために、複数の検波回路を備え、その各検波出力信号FSはMCU30に出力される。検波出力信号FSは、いわゆるSカーブ信号と呼ばれ、受光用スリット板14のスリット中心とウェハWからの反射スリットの振動中心とが一致した時に零レベルとなり、ウェハWがその状態から上方に変位している時は正のレベル、ウェハWが下方に変位している時は負のレベルになる。従って出力信号FSが零レベルになるウェハWの高さ位置（以下基準面）が投影光学系の結像面として検出

される。

【0013】ただし、このような斜入射光方式では合焦点となったウェハWの高さ位置が、いつでも最良結像面Foと必ずしも一致しているとは限らない。すなわち斜入射光方式では、その系自体で決まる仮想的な基準面を有し、その基準面にウェハが一致した時にPSD出力信号FSが零レベルになるのであって、基準面と最良結像面Foとは装置製造時等に極力一致するように設定されているが、長期間にわたって一致しているという保証はない。

【0014】この原因の1つとして、投影光学系に入射する露光光の影響により生ずる像面湾曲がある。この像面湾曲では、像高（レンズ中心からの距離）により光軸AX方向の位置ずれ量が異なり、投影光学系の結像面は曲面になる。図1においてMCU30は、投影光学系に入射した光量を検出する光電センサー105からの出力信号を不図示のアナログーデジタル変換器を介して入力し、斜入射光方式の多点AF系をキャリブレーションする機能、プレーンパラレル12の傾きを設定する機能、多点AF系の各出力信号FSに基づいて、Zステージ20の駆動用モータ19をドライブするZ-DRV18へ指令信号DSを出力する機能、及びXYステージ21を駆動する駆動部22へ指令を出力する機能等を備えている。

【0015】ここで、投影光学系の入射する露光光の影響により生ずる像面湾曲の変化量（投影光学系の光軸AX方向の結像面の変化量）について説明する。この像面湾曲変動は、光源部101から照射された露光光が投影光学系PLに入射した時に、投影光学系PLに蓄積される照射エネルギーによって生ずる。連続して光源部101から投影光学系PLへ照射した時の投影光学系PLのエネルギー蓄積量と像面湾曲変動量との関係を像高別に表したグラフを図3に示す。このグラフからもわかるように投影光学系PLの像高によって像面湾曲の変動量が異なっていることがわかる。ここでは、Va、Vb、Vcの順に像高位置が高く（レンズ中心から離れた）、例えば、Vaは投影視野Ifの中心近傍、Vbは投影視野If半径の1/2の点、Vcは投影視野Ifの最外部とする。また、グラフの変動量は投影光学系PLに蓄積された露光光エネルギーが零の時のそれぞれの像高の結像面位置を初期値とした時の変動量を表している。実際にウェハWを露光する際には、光源部101は投影光学系PLへ連続的に照射を行うことはなく、投影光学系PLに蓄積されたエネルギーは、蓄積量に比例した量を放出するため、投影光学系PLへ照射が行われていない時は、像面湾曲の変動量は照射が行われていない時とは逆の方向に変動していく。このため、投影光学系PL内への露光光の入射によって蓄積されたエネルギーに応じて像面湾曲の変動量が決まってくる。この事より、予め必要な像高における投影光学系PLに蓄積された露光光エ

エネルギーと結像面位置の変動量を実験等により求めておく。そして、露光時（ウェハWの焦点検出時）には、この変化量に沿って変化していくものとして、多点AFによる焦点位置検出値に補正演算を加えていく。

【0016】投影光学系PLに蓄積された露光エネルギーは、光電センサー105によって光源部101から射出された光量を計測することによって求められる。また、レチクルRがレチクルホルダー107上に載置されている時は、Zステージ上に設置された不図示の照射量モニターにより1度計測して、光電センサー105によって計測された光量と比較することによりレチクルRの透過率が求められるため、投影光学系PLに入射した露光エネルギーを求めることが可能となる。

【0017】さて、図3はアレイセンサー15、セレクター13、PSD17、及びMCU30の具体的な処理回路の一例を示している。ここではアレイセンサー15を5つのセンサー領域Ga、Gb、Gc、Gd、Geに分け、各センサー領域内で光電セルの選択、統合を行うものとする。まず、センサー領域Ga内にはアレイセンサー15内の複数個のセルが含まれているので、セレクター13Aによって光電セルのうち少なくとも1つを選択してその出力信号をPSD17Aへ出力する。光電セルを複数個選択した場合は、それらの出力信号を加算した信号をPSD17Aへ送る。また、センサー領域Gb、Gc、Gd、Ge内の各光電セルからの出力信号も、同様にしてセレクター13B、13C、13D、13Eで処理され、PSD17B、17C、17D、17Eへ送られる。PSD17A、17B、17C、17D、17EはそれぞれOSC. 16からの基本波交流信号を入力して検波出力FSa、FSb、FSc、FSd、FSeを出力する。これらの検波出力FSa、FSb、FSc、FSd、FSeの各アナログレベルは基準面からのずれ量 ΔZ を表し、それらはMCU30内のアナログ-デジタル変換器（ADC）30Aでそれぞれデジタル値に変換され、焦点演算部30Bへ送られる。焦点演算部30Bは5つの検波出力の値、すなわち5点でのフォーカスずれ量に基づいて、各検出点でのZステージ20のZ方向の目標とすべき位置に対応した値を算出し、この目標値と検出波出力値との差（計測面と基準面との差）Zを計測値として平均化処理部30Eに出力する。

【0018】変換情報記憶部30Dは、光電センサー105の出力信号ISを入力して、この出力信号ISと時間経過から演算し投影光学系PLのエネルギー蓄積量が求められ、その蓄積量と像面湾曲変化量との予め記憶してある関係を表す変換情報から、検出信号に対応した像面湾曲量を補正演算部30Cに出力する。図3中において変換情報記憶部30Dに入力されるキャリブレーション信号KSは後述する。このとき補正演算部30Cには、変換情報記憶部30Dから像面湾曲のオフセット量

を入力し、セレクター13A、13B、13C、13D、13Eからの光電セル位置情報PSを入力して、複数の計測点のそれぞれで生ずる検出偏差分に対応した複数の補正値を焦点演算部30Bへ出力する。

【0019】さて、平均化処理部30Eは光電セル（各測定点）に対応した計測値Zに基づいて平均化処理を行い、最良結像面Foを求める。この平均化処理は、各計測値を単純に平均したり、最小二乗近似したりして最良結像面Foとしてもよいし、複数の計測値Zの持つ幅の中間値を最良結像面Foとする事も可能である。そして、最良結像面FoにウェハWを移動させるための指令信号DSをZ-DRV18に出力する。

【0020】本発明における実施例では、レチクルブラインド106を多点AFの5つの検出点と同時に含まれる露光領域に設定する事を前提として説明した。しかしながらレチクルブラインド106が多点AFの検出点の一部を露光領域の範囲外になるように設定された場合、その範囲外となった多点AFの検出点における計測値は、最良結像面Foを求める時の演算には使用しない、もしくは重み付けを最小にしなければならない。そのためレチクルブラインド106の各遮蔽板の位置情報RBSをMCU30中の焦点演算部30Bに入力し、最良結像面Foの演算時には多点AF系の範囲外での検出点での計測値の取り扱いを考慮するように構成しておく。

【0021】以上のように多点AF系において、投影光学系に入射するエネルギーにより変化する像面湾曲に対しても最適な結像面を算出し、その結像面にウェハWを移動させる事が可能となる。上記実施例においては、投影光学系に入射するエネルギーにより変化する像面湾曲に対しての補正方法を述べたが、大気圧の変動による像面湾曲の変化に対しても同様に適用する事ができる。

【0022】この場合、予め実験等により大気圧変動と像面湾曲の変化量の関係を求めておき、変換情報記憶部30Dに入力しておく。そして、気圧センサーを投影光学系PLの近傍に設置し、この気圧センサーの出力信号を変換情報記憶部30Dに入力し、変換情報記憶部30Dから補正演算部30Cへ大気圧センサーからの出力信号に対応した像面湾曲量を出力する事により達成が可能となる。この場合、照射による像面湾曲変化分を加算することにより、大気圧変化と照射の両方の要因による湾曲を特定できる。

【0023】次に本発明の第2の実施例について説明する。第1の実施例の回路では、露光ショット内に段差のあるウェハWを露光する場合、投影光学系PLの結像面に合せたい面を移動させることは、個々のセンサーをセンサー位置に関係なく演算するため困難であった。この不具合を修正した実施例を図5を用いて説明する。本実施例では図4の回路の焦点演算部30Bと平均化処理部30Eとの間に焦点演算部30Bから出力された計測値

Zに重み付け演算を行う重み係数演算部30Fを設ける。さらに、この重み係数演算部30Fにおいて使用する重み係数を記憶して、この重み係数を重み係数演算部30Fに出力する重み係数記憶部30Gを設置する。

【0024】本実施例は像面湾曲の変化量を考慮した最良結像面F_oの算出に重み係数を使用するものである。重み係数を使用した演算方法は、特開平5-275313号公報に開示されている方法を適用する事が可能である。本実施例に於いては、予め重み係数記憶部30Gに重み係数を記憶しておく。重み係数演算部30Fは、この重み係数記憶部30Gからの重み係数と補正演算部30Cからの複数の計測値Zを入力し、各計測値Zに重み付けを行い、平均化処理部30Eに重み係数補正值OSを出力する。

【0025】平均化処理部30Eでは、重み係数補正值OSから最良結像面F_oを求め、最良結像面F_oにウェハWを移動させるための指令信号DSをZ-DRV18に出力する。本実施例のように、多点AF系の各計測点の計測値に重み付けを行うのではなく、各計測点に像面湾曲の変化量を加えた後に、重み付けを行うため、ウェハWに既知の段差形状（スクライプライン、凹凸パターン）等が存在する場合、その段差形状に合せて、最適な結像面を算出し、ウェハWに合せて露光する事が可能となる。

【0026】さらに本発明の第3の実施例について説明する。上記の実施例では像面湾曲の変化量を投影光学系に照射される露光光量と予め求められている投影光学系に照射される露光光量と像面湾曲の変化量との関係の情報から投影光学系の結像面を求めていた。このため、投影光学系PLに蓄積されたエネルギー量の計測誤差等に30による実際の像面湾曲変動量とエネルギー蓄積量から求めた像面湾曲変動量とで誤差が生ずる可能性がある。この誤差を補正する装置を付加した実施例を図4において説明する。

【0027】本実施例では、一定時間毎に多点AF系の計測点において最良結像面を基準としたキャリブレーションを高精度に行い、正確に像面湾曲変化量を補正するものである。このキャリブレーションは例えば特開平5-190423号公報に開示されている方法を適用することが可能である。この方法は、Zステージ20上に設置された基準板FMのスリットから投影光学系PLの光軸に平行にレチクルR方向に露光光と同じ波長の光を射出させ、投影光学系PLを透過してレチクルRで反射し、再び投影光学系を透過して、再び基準板FMのスリットを透過した光を検出する。そして、Zステージ20を上下させて検出した光量の変化から、投影光学系PLによって結像されるレチクルRのパターン像の精密な結像面位置を測定するものである。

【0028】本実施例の場合のキャリブレーションは露光光の照射によって生ずる像面湾曲を考慮した結像面位 50

置と実際の投影光学系PLの結像面位置との差を計測するものである。従ってキャリブレーションを行なった結果出力されるキャリブレーション信号KSはこの差を出力する信号となる。このキャリブレーションを行なった場合、図4に示すように変換情報記憶部30Dにこのキャリブレーション信号KSを入力し、変換情報記憶部30Dが保持している現在のそれぞれの像高における像面湾曲の補正量にキャリブレーション結果を加える。そして、このキャリブレーション結果を加えた像面湾曲の補正量に該当するエネルギー蓄積量を逆算し、この逆算したエネルギー蓄積量を現在の投影光学系PLのエネルギー蓄積量に置き換える。具体的には、図3のグラフに示すように現在の光電センサー105等から求めるエネルギー蓄積量E1においてそれぞれの像高での像面湾曲変動量にキャリブレーション結果（例えば ΔV_a 、 ΔV_b 、 ΔV_c ）を加えた変動量と等しくなるエネルギー蓄積量E2を求める。この事により露光光の照射によって生じた像面湾曲を正確に補正することが可能となる。

【0029】また、第4の実施例として、図6に示すようにキャリブレーション信号KSと像面湾曲補正值とを入力し、キャリブレーション信号KSと像面湾曲補正值との差（誤差補正值）を記憶する誤差記憶部30Hから焦点演算部30Bへ誤差補正值を出力する。そして、焦点演算部30Bにおいて検出波出力値と補正演算部30Cからの補正值と誤差補正值とを演算して、計測値Zを平均化処理部30Eへ出力するようにしてもよい。

【0030】これら第3、第4の実施例によるキャリブレーションの実行によって、投影光学系PLに蓄積された露光光のエネルギー量の計測に誤差が生じたとしても、この誤差を補正して正確に最良結像面F_oを求めることができる。この第3、第4の実施例については、第1、第2実施例のどちらにも適用することが可能である。

【0031】以上本発明に係る実施例を説明したが、レチクルRの露光光吸収等によるディストーション変化の補正を行う投影光学系PL内に設けられた補正装置（不図示）やレチクルRを傾斜させる装置（不図示）などを使用した場合により生ずる像面湾曲変化も上で述べた方法により補正することが可能となる。

【0032】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、複数の焦点検出センサーの夫々に対し、それぞれの計測点の像高での投影光学系の露光光の照射などによる像面湾曲変化量を加算するので、投影光学系の結像面が常に正確に求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による一実施例における投影露光装置の構成図

【図2】投影視野と多点AF系によるスリット投影像との配置関係を示す図

【図3】投影光学系の露光光の照射による像面湾曲の変化量を像高別に示したグラフ

【図4】本発明の一実施例による焦点検出系の信号処理回路の構成を示すブロック図

【図5】本発明の一実施例による重み付け処理を行う焦点検出系の信号処理回路の構成を示すブロック図

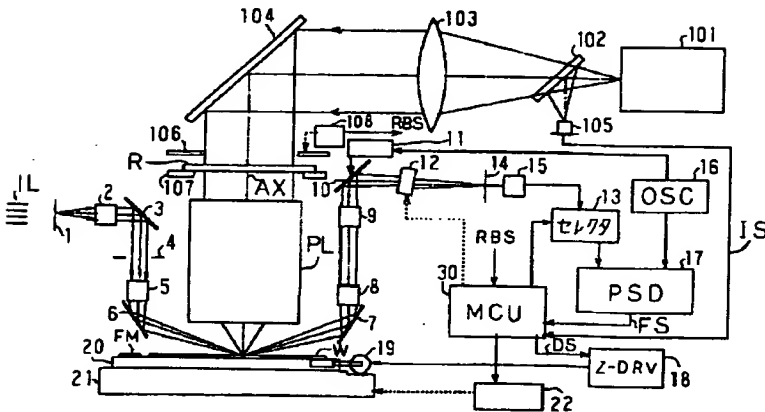
【図6】本発明の一実施例による重み付け処理とキャリブレーション結果をもとにした補正を行う焦点検出系の信号処理回路の構成を示すブロック図

【符号の説明】

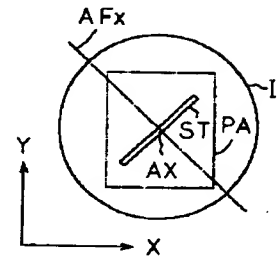
1 スリット
10 振動ミラー

14 受光スリット
15 光電センサー
30 MCU
101 光源部
105 受光センサー
106 レチクルブラインド
107 レチクルホルダー
FM 基準板
R レチクル
10 PL 投影光学系
W ウエハ

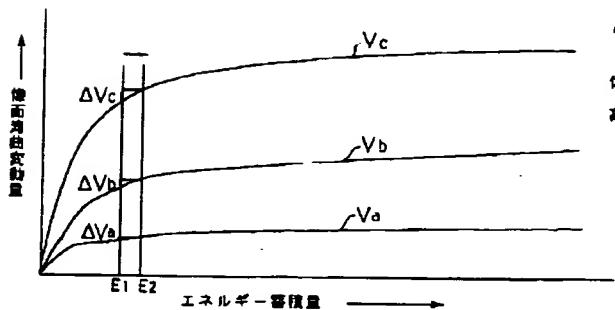
【図1】



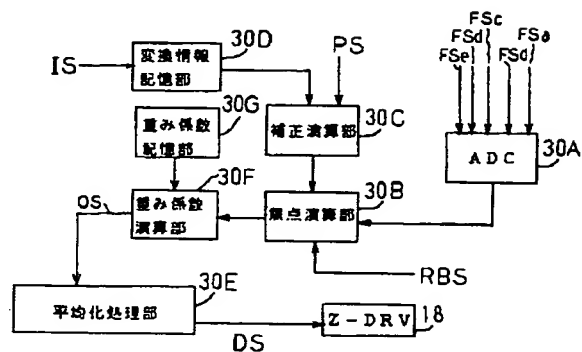
【図2】



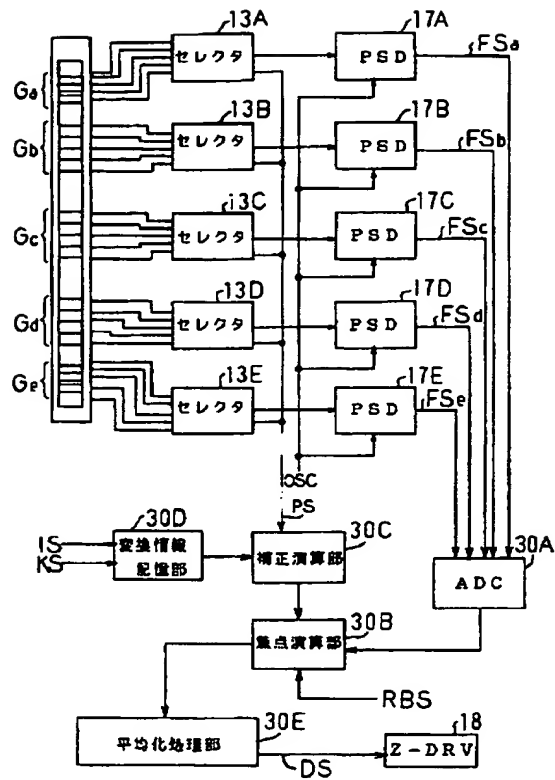
【図3】



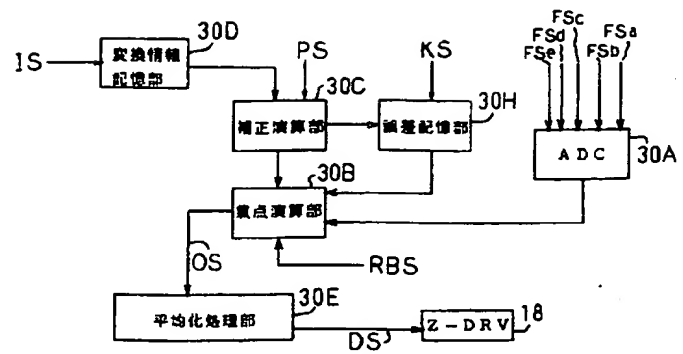
【図5】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

G 0 3 F 7/207
7/24

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H

H

7352-4M

7352-4M

H O I L 21/30

5 1 6 F

5 1 6 Z

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成13年10月12日(2001.10.12)

【公開番号】特開平7-211612

【公開日】平成7年8月11日(1995.8.11)

【年通号数】公開特許公報7-2117

【出願番号】特願平6-2290

【国際特許分類第7版】

H01L 21/027

G03B 27/53

G03F 7/20 521

7/207

7/24

【F I】

H01L 21/30 516 A

G03B 27/53

G03F 7/20 521

7/207 H

7/24 H

H01L 21/30 516 E

516 F

516 Z

【手続補正書】

【提出日】平成13年1月15日(2001.1.15)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】投影露光装置及び方法

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】マスクのパターンを所定の結像面内に結像投影する投影光学系と、

前記結像面とほぼ平行に感光基板を保持して、前記感光基板を前記投影光学系の光軸方向に移動させるZステージと、

前記投影光学系の投影視野内の予め定められた複数の位置に計測点を有し、該複数の計測点の夫々で前記感光基板の表面の光軸方向の基準面からの位置ずれ量を検出し、該位置ずれ量に応じた複数の検出信号を出力する焦点位置ずれ検出手段と、

投影光学系の結像面と前記感光基板の表面とが合致する

30 ように前記位置ずれ量に応じて前記Zステージを駆動する駆動手段とを備えた投影露光装置において、前記投影光学系の結像面の湾曲を経時的に変化させる物理量を測定し、該物理量に応じた測定信号を出力する測定手段と；前記物理量の変化と前記投影光学系の像面湾曲の変化量との関係を表す情報を予め記憶し、前記測定信号に対応した特定の像面湾曲変化量を出力する記憶手段と；前記像面湾曲変化量に基づいて、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点の夫々で生ずる光軸方向の検出偏差分に対応した複数の補正値を出力する補正演算手段と；前記焦点位置ずれ検出手段からの複数の検出信号と前記算出された複数の補正値に基づいて、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点に対応した焦点位置補正値を出力する焦点演算手段と；前記焦点位置補正値に基づいて、前記投影光学系の湾曲した結像面に対して決まる最良面に前記感光基板の面が合致するように前記駆動手段を制御する制御手段と、；を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】マスクのパターンを所定の結像面内に結像投影する投影光学系と、前記結像面とほぼ平行に感光基板を保持して、前記感光基板を前記投影光学系の光軸方向に移動させるZステージと、前記投影光学系の投影視野内の予め定められた複数の位置に計測点を有し、該複数の計測点の夫々で前記感光基

板の表面の光軸方向の基準面からの位置ずれ量を検出し、該位置ずれ量に応じた複数の検出信号を出力する焦点位置ずれ検出手段と、
 投影光学系の結像面と前記感光基板の表面とが合致するように前記位置ずれ量に応じて前記Zステージを駆動する駆動手段と、を備えた投影露光装置において、
 前記投影光学系の結像面の湾曲を経時的に変化させる物理量を測定し、該物理量に応じた測定信号を出力する測定手段と；前記物理量の変化と前記投影光学系の像面湾曲の変化量との関係を表す情報を予め記憶し、前記測定信号に対応した特定の像面湾曲変化量を出力する記憶手段と；前記像面湾曲変化量に基づいて、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点の夫々で生ずる光軸方向の検出偏差分に対応した複数の補正値を出力する補正演算手段と；前記焦点位置ずれ検出手段の複数の検出信号と前記算出された複数の補正値とに基づいて、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点に対応した焦点位置補正値を出力する焦点演算手段と；前記感光基板の表面状態に応じて前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点に対応した予め設定された複数の係数で、前記焦点位置補正値 20 に重み付けを行い、重み係数補正値を出力する重み係数演算手段と；前記重み係数補正値に基づいて、前記投影光学系の湾曲した結像面に対して決まる最良面に前記感光基板の面が合致するように前記駆動手段を制御する制御手段と、；を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項3】 前記投影露光装置は、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点における前記投影光学系の結像面位置を計測して前記基準面からの光軸方向のずれ量に応じた信号を出力する結像位置計測手段を有し；予め定められた時間毎又は、前記測定手段による測定が行われ 30 る毎に前記結像位置ずれ量を計測して、該結像位置ずれ量に応じて前記記憶手段の情報を更新する事を特徴とする請求項第1項又は第2項に記載の投影露光装置。

【請求項4】 前記投影露光装置は、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点における前記投影光学系の結像面位置を計測して前記基準面からの光軸方向のずれ量に応じた信号を出力する結像位置計測手段と；予め定められた時間毎又は、測定手段による測定が行われる毎に計測された前記結像位置ずれ量と前記焦点位置補正値との誤差補正値を記憶する誤差記憶手段とを有し；前記焦点 40 演算手段は、前記結像面計測後、前記誤差補正値と、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の検出信号と、前記算出された複数の補正値とに基づいて、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点に対応した焦点位置補正値を出力する事を特徴とする請求項第1項又は第2項に記載の投影露光装置。

【請求項5】 マスクのパターンの像を基板上に結像投影する投影光学系と、
 前記投影光学系の投影視野内の予め定められた複数の位置に計測点を有し、該複数の計測点のそれぞれで前記基 50

板の前記光軸方向における基準面からのずれ量に応じた検出信号を出力する焦点位置ずれ検出手段とを備えた投影露光装置であって、

前記投影光学系の結像面の湾曲を経時的に変化させる物理量を測定する測定手段と、

前記測定手段からの測定信号に基づいて、前記複数の計測点を有する焦点位置ずれ検出手段をキャリブレーションする機能を備えた主制御ユニットと、を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項6】 前記投影光学系の結像面の湾曲を経時的に変化させる物理量は、前記投影光学系に入射する光量を含むことを特徴とする請求項5に記載の投影露光装置。

【請求項7】 前記主制御ユニットは、前記測定手段からの測定信号に基づいて、前記複数の計測点のそれぞれで生ずる検出偏差分に対応した複数の補正値を求めることを特徴とする請求項5又は6に記載の投影露光装置。

【請求項8】 前記主制御ユニットは、前記測定信号から前記投影光学系の像面湾曲変化量を求め、この像面湾曲変化量に基づいて前記複数の補正値を求め、この補正値を用いて前記複数の計測点のそれぞれで得られる検出信号に補正演算を加えることを特徴とする請求項7に記載の投影露光装置。

【請求項9】 前記基板上における露光領域を設定するブラインドと、該ブラインドの複数の可動遮へい板を駆動するブラインド駆動装置とをさらに有し、
 前記主制御ユニットは、前記焦点位置ずれ検出手段からの複数の計測点に応じた検出信号に基づいて前記投影光学系の最良結像面を求めるとともに、前記ブラインド駆動装置から各遮へい板の位置情報を入力し、前記複数の計測点のうち前記露光領域の範囲外の計測点を最良結像面を求める時の演算に使用しないことを特徴とする請求項5～8のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【請求項10】 マスクのパターンを所定の結像面内に結像投影する投影光学系と、前記結像面とほぼ平行に感光基板を保持して、前記感光基板を前記投影光学系の光軸方向に移動させるZステージと、前記投影光学系の投影視野内の予め定められた複数の位置に計測点を有し、該複数の計測点の夫々で前記感光基板の表面の光軸方向の基準面からの位置ずれ量を検出し、該位置ずれ量に応じた複数の検出信号を出力する焦点位置ずれ検出手段と、投影光学系の結像面と前記感光基板の表面とが合致するように前記位置ずれ量に応じて前記Zステージを駆動する駆動手段とを備え、前記マスクのパターンの像を前記感光基板上に投影する投影露光方法において、
 前記投影光学系の結像面の湾曲を経時的に変化させる物理量を測定して該物理量に応じた測定信号を出力し、；
 予め記憶された前記物理量の変化と前記投影光学系の像面湾曲の変化量との関係を表す情報に基づいて、前記測定信号に対応した特定の像面湾曲変化量を出力し、；前

記像面湾曲変化量に基づいて、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点の夫々で生ずる光軸方向の検出偏差分に対応した複数の補正值を出力し、；前記焦点位置ずれ検出手段からの複数の検出信号と前記算出された複数の補正值に基づいて、前記焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点に対応した焦点位置補正值を出力し、；前記焦点位置補正值に基づいて、前記投影光学系の湾曲した結像面に対して決まる最良面に前記感光基板の面が合致するように前記駆動手段を制御することを特徴とする投影露光方法。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】さらに、投影光学系（PL）の結像面の湾曲を経時的に変化させる物理量を測定し、該物理量に応じた測定信号を出力する測定手段と、物理量の変化と投影光学系（PL）の像面湾曲の変化量との関係を表す情報を予め記憶し、測定信号に対応した特定の像面湾曲変化量を出力する記憶手段（30D）を備える。そして像面湾曲変化量に基づいて、焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点の夫々で生ずる光軸方向の検出偏差分に対応した複数の補正值を出力する補正演算手段（30C）と、焦点位置ずれ検出手段からの複数の検出信号と算出された複数の補正值に基づいて、焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点に対応した焦点位置補正值を出力する焦点演算手段（30B）を有する。この焦点位置補正值に基づいて、投影光学系（PL）の湾曲した結像面に対して決まる最良面に感光基板（W）の面が合致するように駆動手段を制御するZステージ制御手段（18）とを有して、像面湾曲の変化量分を補正するものである。また、請求項5に記載の本発明は、マスクのパターンの像を基板上に結像投影する投影光学系と、投影光学系の投影視野内の予め定められた複数の位置に計測点を有し、該複数の計測点のそれぞれで基板の光軸方向における基準面からのずれ量に応じた検出信号を出力する焦点位置ずれ検出手段とを備えた投影露光装置であって、投影光学系の結像面の湾曲を経時的に変化させる物理量を測定する測定手段（105）と、測定手段からの測定信号に基づいて、複数の計測点を有する焦点位置ずれ検出手段をキャリブレーションする機能を備えた主制御ユニット（30）と、をすることを特徴とするものである。また、請求項10に記載の本発明は、マスクのパターンを所定の結像面内に結像投影する投影光学系と、結像面とほぼ平行に感光基板を保持して、感光基板を投影光学系の光軸方向に移動させるZステージと、投影光学系の投影視野内の予め定められた複数の位置に計測点を有し、該複数の計測点の夫々で感光基板の表面の光軸方向の基準面からの位置ずれ量を検出し、該位置ずれ量に応じた複数の

検出信号を出力する焦点位置ずれ検出手段と、投影光学系の結像面と感光基板の表面とが合致するように位置ずれ量に応じてZステージを駆動する駆動手段とを備え、マスクのパターンの像を感光基板上に投影する投影露光方法において、投影光学系の結像面の湾曲を経時的に変化させる物理量を測定して該物理量に応じた測定信号を出力し、；予め記憶された物理量の変化と投影光学系の像面湾曲の変化量との関係を表す情報に基づいて、測定信号に対応した特定の像面湾曲変化量を出力し、；像面湾曲変化量に基づいて、焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点の夫々で生ずる光軸方向の検出偏差分に対応した複数の補正值を出力し、；焦点位置ずれ検出手段からの複数の検出信号と算出された複数の補正值に基づいて、焦点位置ずれ検出手段の複数の計測点に対応した焦点位置補正值を出力し、；焦点位置補正值に基づいて、投影光学系の湾曲した結像面に対して決まる最良面に感光基板の面が合致するように駆動手段を制御することを特徴とするものである。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】

【作用】請求項1、2、及び10記載の本発明に於いては、複数の検出点を持つ焦点位置検出装置のそれぞれの演算結果について基板上の複数の検出点に対応した位置での投影光学系の像面湾曲変化量を加算する。また、請求項5に記載の発明においては、投影光学系の結像面の湾曲を経時的に変化させる物理量を測定した測定信号に基づいて、複数の計測点を有する焦点位置ずれ検出手段をキャリブレーションする。このため、露光光照射等に伴う投影光学系の結像面の像面湾曲変化に関係なく露光基板を投影光学系の最良結像面へ位置することを可能とした。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】さて、図4はアレイセンサー15、セレクター13、PSD17、及びMCU30の具体的な処理回路の一例を示している。ここではアレイセンサー15を5つのセンサー領域Ga、Gb、Gc、Gd、Geに分け、各センサー領域内で光電セルの選択、統合を行うものとする。まず、センサー領域Ga内にはアレイセンサー15内の複数のセルが含まれているので、セレクター13Aによって光電セルのうち少なくとも1つを選択してその出力信号をPSD17Aへ出力する。光電セルを複数個選択した場合は、それらの出力信号を加算し

た信号をPSD17Aへ送る。また、センサー領域G b, G c, G d, G e内の各光電セルからの出力信号も、同様にしてセレクター13B, 13C, 13D, 13Eで処理され、PSD17B, 17C, 17D, 17Eへ送られる。PSD17A, 17B, 17C, 17D, 17EはそれぞれOSC. 16からの基本波交流信号を入力して検波出力FSa, FSb, FSc, FSd, FSeを出力する。これらの検波出力FSa, FSb, FSc, FSd, FSeの各アナログレベルは基準面からのずれ量 ΔZ を表し、それらはMCU30内のアナログデジタル変換器(ADC)30Aでそれぞれデジタル値に変換され、焦点演算部30Bへ送られる。焦点演算部30Bは5つの検波出力の値、すなわち5点でのフォーカスずれ量に基づいて、各検出点でのZステージ20のZ方向の目標とすべき位置に対応した値を算出し、この目標値と検出出力値との差(計測面と基準面との差)Zを計測値として平均化処理部30Eに出力する。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】変換情報記憶部30Dは、光電センサー105の出力信号ISを入力して、この出力信号ISと時間経過から演算し投影光学系PLのエネルギー蓄積量が求められ、その蓄積量と像面湾曲変化量との予め記憶してある関係を表す変換情報から、検出信号に対応した像面湾曲量を補正演算部30Cに出力する。図4中において変換情報記憶部30Dに入力されるキャリブレーション信号KSは後述する。このとき補正演算部30Cに

は、変換情報記憶部30Dから像面湾曲のオフセット量を入力し、セレクター13A, 13B, 13C, 13D, 13Eからの光電セル位置情報PSを入力して、複数の計測点のそれぞれで生ずる検出偏差分に対応した複数の補正値を焦点演算部30Bへ出力する。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】

【0031】以上本発明に係る実施例を説明したが、レチクルRの露光光吸収等によるディストーション変化の補正を行う投影光学系PL内に設けられた補正装置(不図示)やレチクルRを傾斜させる装置(不図示)などを使用した場合により生ずる像面湾曲変化も上で述べた方法により補正することが可能となる。以上本発明に係る実施例によれば、複数の焦点検出センサーの夫々に対し、それぞれの計測点の像高での投影光学系の露光光の照射などによる像面湾曲変化量を加算するので、投影光学系の結像面が常に正確に求めることができる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正内容】

【0032】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、露光光照射等に伴う投影光学系の結像面の像面湾曲変化に関係なく露光基板を投影光学系の最良結像面へ位置することを可能とした。

